

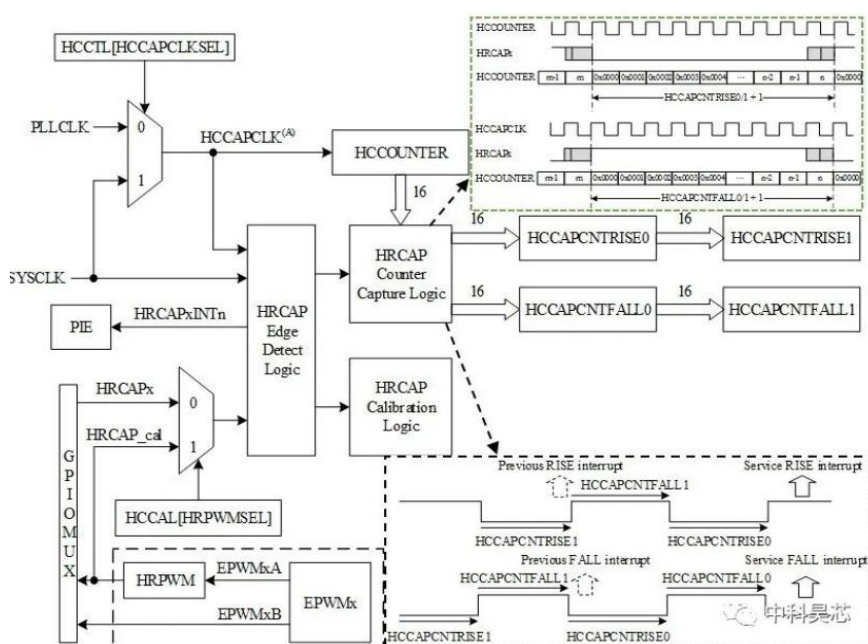
平头哥助力中科昊芯 HX2000 系列芯片之 HRCAP 高精度脉冲捕获

随着能源需求的日益短缺，科技的日趋智能化，高精度精密控制已日趋成为人们生产生活的必然趋势，中科昊芯顺应时代要求，推出适用于高精度工业自动化运动控制的新版 HXS320F28034PNT 数字信号处理器 DSP，芯片 HRCAP 模块以数百皮秒内的典型分频率测量外部脉冲的宽度，可更有效助力于工程师实现 3D 精密打印、超声波声纳测距与气体检测、扫地机器人与数控机床等精密测量功能。

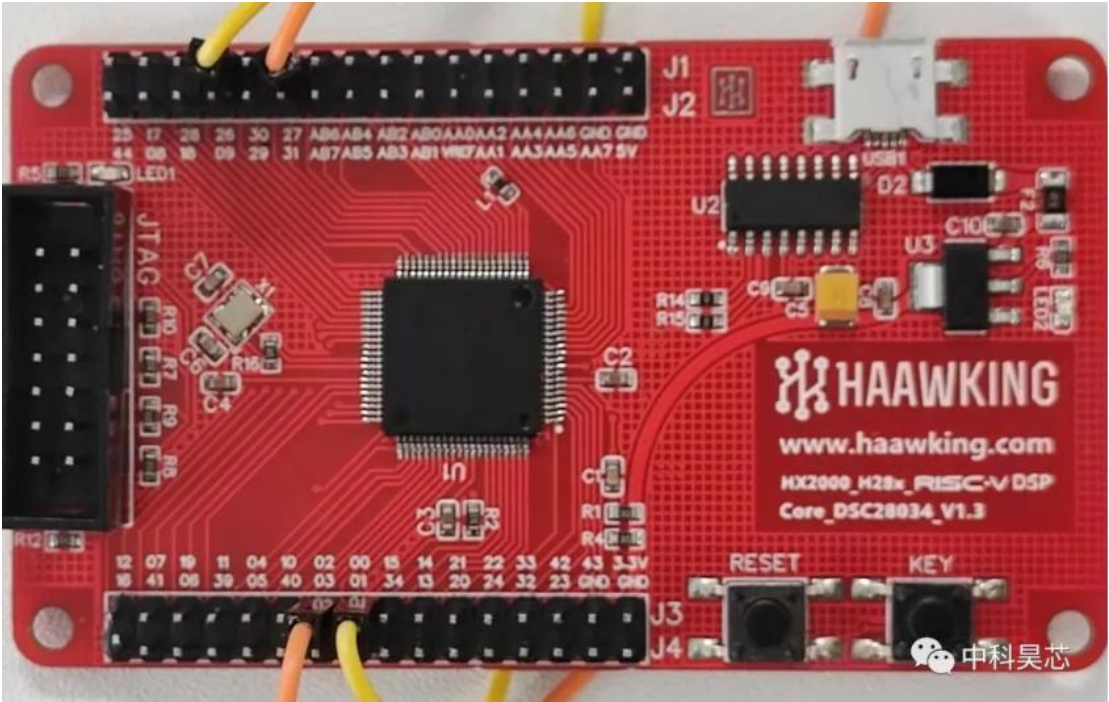


自平头哥半导体有限公司的剑池集成开发环境（简称“CDK”）V2.12.1 支持 HXS320F28034PNT 芯片调试以来，本期以 HRCAP 捕获变频 PWM 输出实例对 HRCAP 脉冲捕获原理展开介绍。




HXS320F28034PNT HRCAP 高精度脉冲捕获原理如下，通过控制寄存器 HCCTL[HCCAPCLKSEL] 选择 HRCAP 时钟，HCCAPCLK 以系统时钟 SYSCLK 或倍频时钟 PLLCLK 产生 16 位计数 HCCOUNTER，通过校准寄存器 HCCAL[HRPWMSEL] 选择 HRCAP 边沿探测逻辑，运行于正常分辨率或高分辨率捕获模式，通过 HRCAPxINTn 中断触发响应 PIE 执行：当检测到上升沿与下降沿时，通过计数捕获产生 HCCOUNTER 值，并在计数器复位为 0 之前被捕获到 16 位寄存器 HCCAPCNTRISE0 与 HCCAPCNTFALL0，即实际低电平和高电平脉冲宽度分别为 HCCAPCNTFALL0+1 和 HCCAPCNTRISE0+1，等待下一脉冲周期上升沿时载入上升沿与下降沿捕获寄存器 HCCAPCNTRISE1 与 HCCAPCNTFALL1。通过 GPIOMUX 配置外设引脚捕获功能，从而输出相应的 PWM 波。因此在同一时间间隔内，下降沿捕获相比上升沿捕获，可捕获到的脉冲边沿计数增加一倍，使得捕获分辨率提高一倍。



由此设计高分辨率脉冲捕获实例：HRCAP1 与 HRCAP2 分别捕获两组向下计数与向上计数，频率在 30kHz~120kHz 间变化的 PWM 波上升沿与下降沿，通过 GPIOMUX 配置 HRCAP 输出引脚 GPIO26 与 GPIO27 上输出相应的 PWM 波，故硬件连接为 GPIO0-GPIO26、GPIO2-GPIO27，如下图所示。



实例所采用软硬件开发环境如下表所示：

开发环境	开发板	仿真器
剑池集成开发环境V2.12.1	Core_DSC28034核心板	HX100V2
		

CDK 下载地址：<https://occ.t-head.cn/community/download?id=575997419775328256>

开发板申请地址：<http://haawking.cn/core28034>

仿真器申请地址：<http://haawking.cn/DSP-EMULATOR>

基于以上分析，在 CDK 上开发 HRCAP 捕获变频 PWM 输出程序，代码包括：HRCAP 与 EPWM 外设 GPIO 引脚、捕获功能配置程序，HRCAP 捕获两组向下计数与向上计数，频率在 30kHz~120kHz 间变化的 PWM 波上升沿与下降沿的中断服务程序，主程序调用执行。

程序代码为：

```
int main(void)
{
    /*系统时钟初始化*/
    InitSysCtrl();

    /*LED 初始化*/
    InitLED();

    /*HRCAP 与 EPWM 的 GPIO 引脚定义*/
    InitHRCapGpio();
    InitEPwm1Gpio();
    InitEPwm2Gpio();

    /*关中断*/
    IER=0x0000;
    IFR=0x0000;

    /*打开中断向量表*/
    InitPieVectTable();

    EALLOW;
    /*中断向量表 HRCAP1_INT 与 HRCAP2_INT 指向执行相应的脉冲捕获中断服务程序*/
    PieVectTable.HRCAP1_INT=&HRCAP1_Isr;
    PieVectTable.HRCAP2_INT=&HRCAP2_Isr;
    EDIS;

    /*HRCAP1 上升沿捕获与 HRCAP2 下降沿捕获功能配置*/
    HRCAP1_Config();
    HRCAP2_Config();

    EALLOW;
    /*禁止 EPWM 的时基使能，允许 EPWM 初始化配置写入*/
```

```

SysCtrlRegs.PCLKCR0.bit.TBCLKSYNC=0;

EDIS;

/*EPWM 的初始化配置:PWM1 采用向下计数, PWM2 采用向上计数*/
ePWM1_Config(1000);
ePWM2_Config(1000);

EALLOW;

/*打开 EPWM 的时基使能, 使 EPWM 的初始化配置起作用*/
SysCtrlRegs.PCLKCR0.bit.TBCLKSYNC=1;

EDIS;

/*指令周期延迟决策变量定义, 用于完成捕获 EPWM 波*/
first, rise=0;

/*捕获时间测定判断变量定义*/
HRCap1IntCount, HRCap1PassCount=0;
HRCap2IntCount, HRCap2PassCount=0;

/*使能打开 CPU IER 的第 4 组中断向量*/
IER|=M_INT4;

/*使能打开 PIE IER 的第 4 组中断向量的第七、八个向量*/
PieCtrlRegs.PIEIER4.bit.INTx7=1;
PieCtrlRegs.PIEIER4.bit.INTx8=1;

/*使能打开全局中断*/
EINT;
while(1)
{
    /*判断 HRCap2 与 HRCap1 的捕获时间*/
    if (HRCap2PassCount>1.25*HRCap1PassCount)
    {

```

```

        GpioDataRegs. GPBTOGGLE.bit. GPIO44=1;

        DELAY_US(1000000);

    }

    else

    {

        GpioDataRegs. GPBSET.bit. GPIO44=1;

        DELAY_US(1000000);

    }

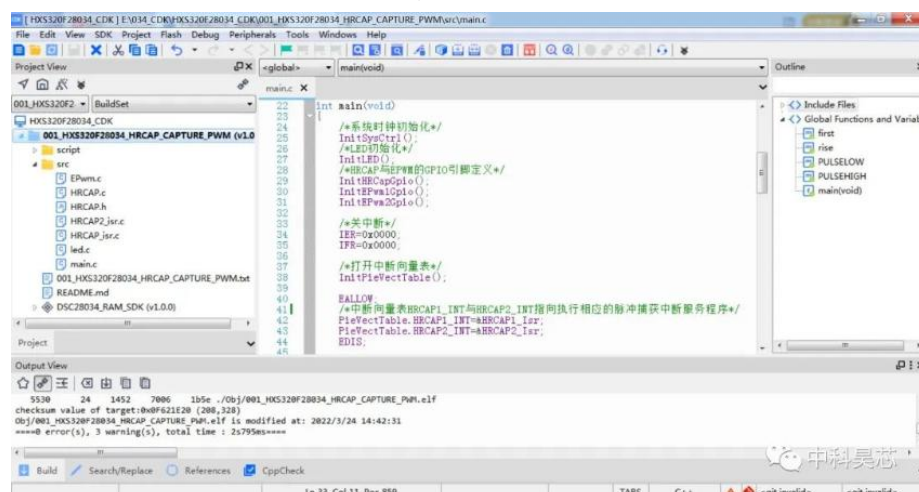
}

return 0;

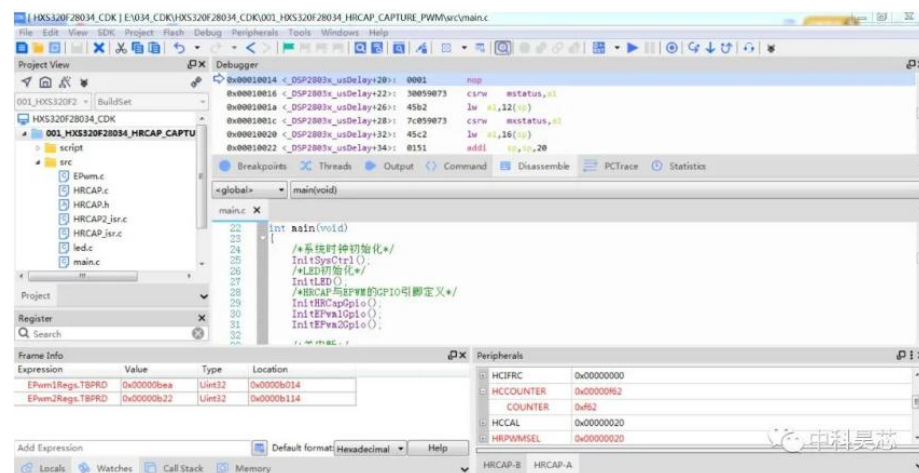
}

```

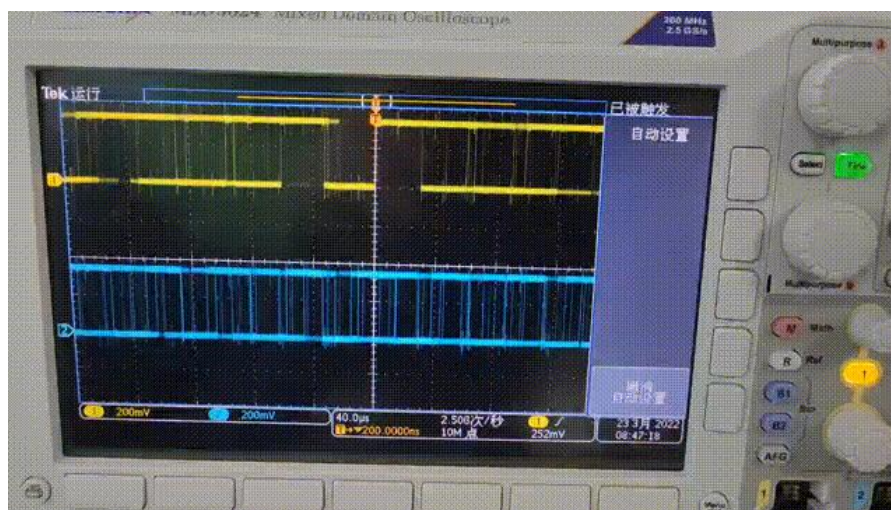
CDK 上开发 HRCAP 捕获变频 PWM 输出程序，其编译结果为：



编译通过后，就可以开始调试了，其调试结果如下：



调试后，HRCAP 输出捕获的 PWM 周期变化波形如下：



为证明 HRCAP 的高精度脉冲捕获有效性，本设计实例采用 ECAP 与 HRCAP 捕获两路向下计数、同等周期范围变化的 PWM 波进行对比，同时通过设置 LED1 闪灯来对比 ECAP 与 HRCAP 的捕获时间，效果如下：



从图中可以看出，HRCAP 相较于 ECAP 脉冲捕获用时减少一半，故能更加精细地读出同等变频 PWM 波的输出频率变化，因而测量更加精准。

关于中科昊芯

“智由芯生 创享未来”，中科昊芯是数字信号处理器专业供应商。作为中国科学院科技成果转化企业，瞄准国际前沿芯片设计技术，依托多年积累的雄厚技术实力及对产业链的理解，以开放积极的心态，基于开源指令集架构 RISC-V，打造多个系列数字信号处理器产品，并构建完善的处理器产品生态系统。产品具有广阔的市场前景，可广泛应用于数字信号处理、工业控制及电机驱动、数字电源、消费电子、白色家电等领域。